

Эколого-геокриологические условия месторождения Томтор (Северо-Западная Якутия)

Авторами в статье освещены эколого-геокриологические условия уникального по запасам редких элементов на Севере Сибири месторождения Томтор.

Месторождение имеет неблагоприятное географическое положение, но возможна экономическая эффективность его освоения. Приведены новые данные о результатах геокриологических исследований Института мерзлотоведения имени П.И. Мельникова СО РАН.

Железняк Михаил Николаевич

Директор Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ), д.г.-м.н.
fe@mpi.ysn.ru

Мисайлов Иван Евгеньевич

Научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ)
ventura-83@mail.ru

Шац Марк Михайлович

Ведущий научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ), к.г.н.
mmshatz@mail.ru

С породами массива Томтор связано комплексное редкометалльное месторождение. Его уникальные руды нового томторского типа относятся к виду эпигенетически измененных, частично переотложенных латеритных кор выветривания карбонатитов. Таким образом, специфика этого типа месторождений заключается в его более сложной истории формирования и, в частности, в смене этапов генезиса с переходом от окислительного периода поверхностного выветривания к эпигенетическому восстановительному этапу. Высокий уровень концентрации широкого спектра редких металлов достигается в этих рудах благодаря суммированию рудоконцентрирующих эффектов двух этапов гипергенеза. До 1985 г. массив Томтор в специальной литературе был освещен скупо в виде единичных общих упоминаний о его геологическом строении, вещественном составе и рудоносности образований. С началом поисково-оценочных работ представления о геологии и рудоносности массива существенно расширились, а после выявления в 1986–1987 гг. нового типа уникальных руд, исследования начали проводить сотрудники известных НИИ из Якутска, Москвы, Красноярска, Хабаровска и Симферополя.

Природные условия месторождения

Месторождение Томтор находится на северо-западе Республики Саха (Якутия), в бассейне р. Онгкучах, левого притока р. Уджа (правый приток р. Анабар), в 325 км к северо-востоку от административного центра с. Оленек. В административном отношении относится к территории Оленекского эвенкийского национального района [7].

В орографическом отношении месторождение представляет собой участок невысокого Анабаро-Оленекского плато, находящегося в пределах полого холмистого рельефа в северной части Среднесибирского плоскогорья с абсолютными отметками 75–260 м и

относительными превышениями до 140 м [3]. Массив Томтор занимает площадь 300 км² и отличается хорошо развитой зоной гипергенеза. В строении массива принимают участие три главные серии пород: якупирантит-ийолиты; щелочные и нефелиновые сиениты; карбонатиты. Существенную роль играют также многочисленные дайки и трубки взрыва щелочных пикритов, альнеитов, авгититов. Более детально геологическое строение массива освещено в специальных сводках [5–7].

В соответствии с результатами исследований Института земной коры СО РАН Томтор находится в дельте р. Лена вблизи зоны землетрясений с максимальной интенсивностью 9 баллов. Климат района резко континентальный с продолжительной суровой зимой и коротким летом. Среднегодовая температура воздуха -14,5°С. Период ее положительных значений составляет 90–100 суток. Снег на территории участка Буранный по результатам исследований Института прикладной экологии Севера СВФУ в 2015 г. характеризовался малой и средней минерализацией, преимущественно гидрокарбонатно-натриево-кальциевым составом и невысоким содержанием взвешенных веществ [4]. Заметных последствий от проводимых буровых работ в солевом составе снеговых вод на территории лицензионного участка (ЛУ) Буранный не зафиксировано. Значения суммарной удельной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в пробах снега сопоставимы со значениями в контрольных пробах снега с фоновых территорий. Установлено, что в пределах участка Буранный мощность снега изменяется от 45 до 71 см, а его плотность варьирует от 0,176 до 0,281 г/см³.

Для района, судя по ограниченной информации геологов и результатам исследований Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ) в 2016 г., характерно сплошное распространение многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью от 165 м собственно на участке Буранный до глубины 750 м в пределах массива Томтор.

Талики зафиксированы в основном в подрусловых частях местных водотоков и под старичными озерами. Можно предположить, что, судя по отсутствию у местных рек зимнего стока, нал и талики могут быть отнесены к типу несквозных. Глубина слоя годовых теплооборотов в пределах участка Буранный в зависимости от свойств поверхностных геосистем и строения верхних горизонтов пород близка к 9 м, а температура пород на подошве этого слоя колеблется от -6,5 до -8,4°С. Геотермический градиент в мерзлой толще колеблется от 1,5 до 2,5°С/100 м глубины.

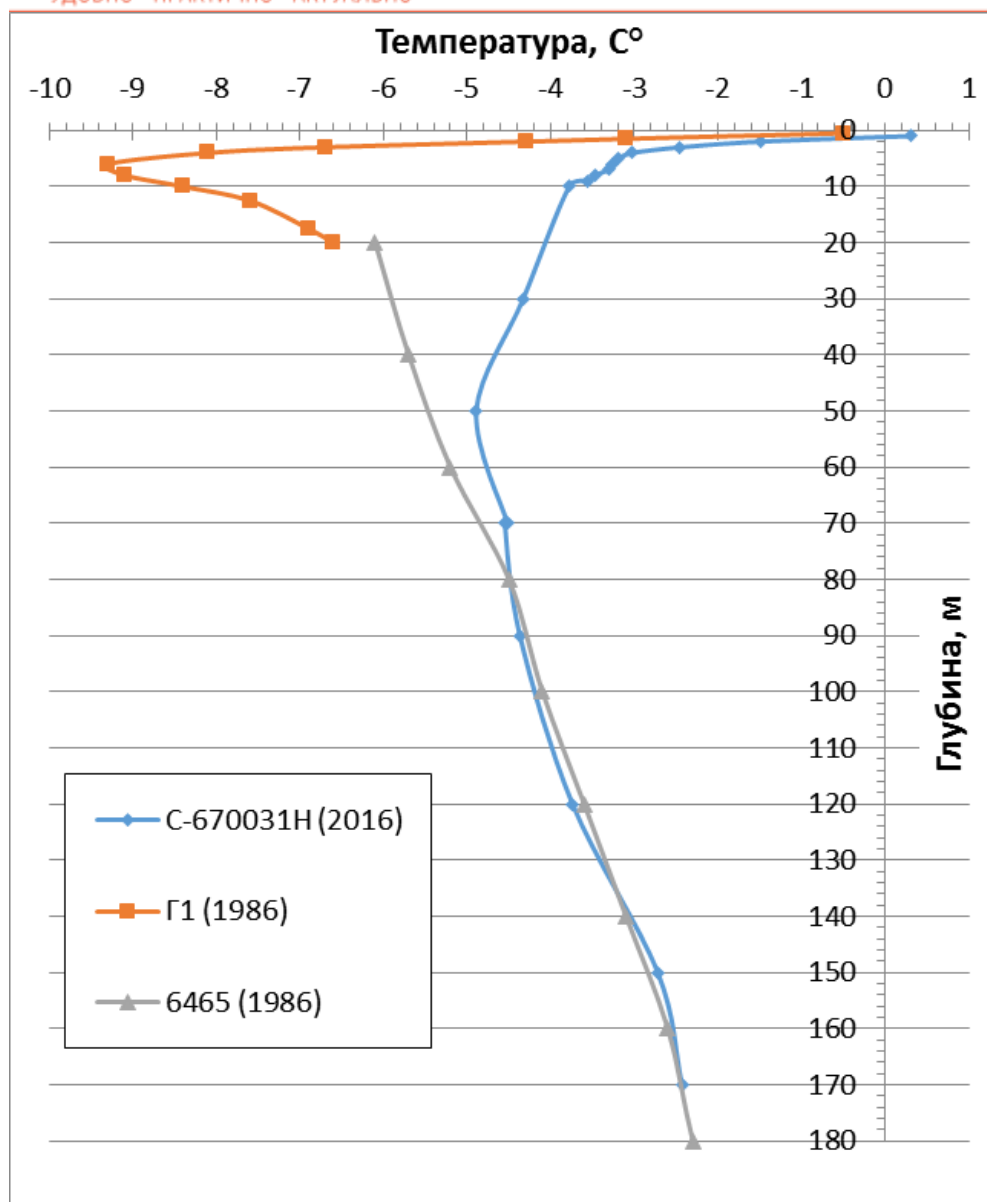


Рис. 1. Изменение температуры горных пород в 1980-х и 2016 годах в пределах месторождения в скважинах Г1 и 6465 (1986г.) и С-670031Н (2016г.)

Формирование толщи ММП здесь связано с многолетним промерзанием горных пород при начавшемся в неогене и продолжавшемся в четвертичное время общем похолодании климата [2]. Длительно существующая структура отрицательного радиационно-теплового баланса привела к возникновению здесь мощной криогенной толщи.

По результатам геотермических исследований в шести поисково-разведочных скважинах глубиной от 10 до 170 м, а также по фондовым материалам установлено, что ММП в пределах участка Буранный имеют мощность от 180 м в центральной части карбонатитового ядра до 350 м на его обрамлении. Для режимных наблюдений за температурой грунтов в слое годовых теплооборотов (до глубины 10 м) и в толще ММП (до глубины 170 м) организована сеть с использованием логгерных систем и геотермических установок.

Глубина сезонно-талого слоя грунтов зависит от тех же факторов что и их температура, и в среднем составляет около 0,5–0,8 м при максимуме 1,5 м на склонах южной экспозиции. Столь малые значения ограничивают активность экзогенных процессов в виде морозного

выветривания и пучения, термокарста и термоэрозии, но и эти аспекты должны быть учтены при проектировании.

Томторские руды в результате содержания в них урана и тория радиоактивны, их излучение на поверхности массива изменяется от 2 до 22 мкР/ч. Это соответствует фоновым значениям и свидетельствует об отсутствии техногенного заражения почв радионуклидами на стадиях поисков и разведки. Поскольку большинство химических элементов руды являются инертными водными мигрантами и развиты в виде нерастворимых минеральных соединений, перемещение их возможно лишь во взвешенном состоянии в период паводков. Местные жители в связи с недостаточной информированностью опасались радиоактивного загрязнения территории и изначально были против проведения освоения месторождения. Прислушиваясь к их опасениям, на участке периодически проводятся измерения радиационного фона, в которых участвуют представители компании «Восток-Инжиниринг» и члены общественного совета. Судя по результатам их исследований [8], с расстояния в один метр зафиксировано излучение 14 мкР/ч, а в ящиках для хранения керна – около 180–200 мкР/ч. Но при удалении на два метра фиксировался обычный радиационный фон. 17 ноября 2016 г. замеры, проведенные внутри складов-кернаохранилищ, зафиксировали мощность гамма-излучения 38 мкР/ч, а вблизи рудовозов – 70 мкР/ч, что не соответствует допустимым нормам радиационной безопасности [8]. В поселке стационарно установлен радиометр, фиксирующий радиационный фон около 9–10 мкР/ч при норме до 30 мкР/ч.

Опасность загрязнения окружающей природы токсичными радиоактивными элементами и тяжелыми металлами связана только с эоловым разносом минеральных частиц из карьера и из отвалов забалансовых руд. В течение года в районе преобладают субмеридиональные направления ветров, что должно учитываться при разработке будущего карьера. Решение этих проблем может снять все препятствия для более масштабной отработки месторождения.

История освоения месторождения

История открытия месторождения РЗМ Томтор берет свое начало с серии поисково-разведочных работ, проведенных с 1958 по 1979 г. Крайне неблагоприятное пространственное расположение и природные условия месторождения в значительной степени сдерживали его освоение, активизировавшееся лишь в 1980-е годы.

Для мирового рынка редких и редкоземельных металлов в последнее десятилетие прошлого века и первое настоящего было характерно чередование преобладания периодов спроса и предложения, сменившееся устойчивым значительным опережением спроса после 2010 г. Это стимулировало мировое производство РЗМ. Так, только за первое десятилетие XXI в. потребление ниобия в мире выросло вдвое, что вызвало соответствующий рост его производства, а потребление некоторых РЗМ увеличилось уже в 3–4 раза [6]. Этому способствовало появление новых сфер использования редких элементов со значительным ростом спроса на них и существенным изменением баланса в традиционных областях их применения.

В настоящее время наиболее дефицитны неодим, празеодим, тербий и диспрозий, спрос на которые, вероятно, будет расти из-за расширения производства электромобилей. Таким образом, существующий дефицит редких элементов сохранится и в долгосрочной перспективе, а пока основные виды высокотехнологичной продукции, содержащей редкоземельные металлы, в Россию по-прежнему импортируются. Отечественные предприятия удовлетворяют свои потребности в редкоземельных металлах и их

соединениях исключительно за счет импорта, поскольку предприятия по разделению редких земель в России отсутствуют.

Кроме того, в стране практически не освоены многие как традиционные, так и инновационные области применения редких земель, чрезвычайно активно развивавшиеся в последние годы за рубежом. Исправление ситуации, т.е. увеличение производства РЗМ в России предполагается за счет освоения отечественных, готовых к эксплуатации месторождений.

Геолого-экономические условия месторождения

Первая геолого-экономическая оценка нового объекта, выполненная специалистами научно-исследовательского института геологии Арктики (г. Ленинград) в начале 1980-х годов, из-за неблагоприятного местоположения дала лишь предварительные надежды на эффективность его освоения. Но при поисково-оценочных работах во второй половине 1980-х годов были выявлены неизвестные ранее пироклор-монацит-крандаллитовые руды с колоссальными запасами и уникальными параметрами рудоносности, принципиально изменившие перспективы месторождения [7]. В мировой практике подобных объектов совсем мало и Томтор можно сравнить с такими месторождениями гигантами, как Витватерсранд (золотоносный конгломерат) в ЮАР, Сухой Лог (золото) в России, Чукикамата (медь) в Чили, Норильская группа (медь, никель, платиноиды), а среди редкометалльных объектов он лидирует, опережая месторождения ниобия (Араша, Бразилия) и редких земель (Маунтин-Пасс, США; Баюнь-Обо, Китай).



Рис. 2. Криогенное рельефообразование вблизи месторождения. Фото И.Е. Мисайлова, 2016 г.

Практическая значимость нового типа руд определяется набором, запасами и концентрациями ниобия, иттрия, скандия и других редких металлов. Помимо Буранного в пределах Томторского месторождения установлено еще два подобных перспективных участка – Северный и Южный с аналогичными ресурсами руд и сходными параметрами рудоносности. Подсчет запасов руд этих участков показал сопоставимость с Буранным, что позволяет в перспективе существенно нарастить уникальную сырьевую базу месторождения.

В целом геолого-экономическая оценка такого богатого объекта является сложнейшей задачей, обусловленной уникальными по количеству и качеству запасами руд, неопределенностью реального спроса на товарную продукцию в России, высокой изменчивостью цен товарной продукции на мировом рынке, а также незавершенными технологическими исследованиями томторских руд [6]. Предполагается уже на стадии проектирования провести технологические исследования имеющихся образцов руды, что позволит повысить достоверность экономических оценок, способов и направлений эффективной эксплуатации Томтора.

Логистическая специфика месторождения

Первоначальным вариантом транспортировки руд через Северный Морской путь был наиболее короткий. Он затрагивал территорию Якутии минимально и потому не вызывал у специалистов и населения особого беспокойства. По словам первооткрывателя Томторского месторождения А.В. Толстова [7], вариант Технико-экономического обоснования транспортировки руды с минимальным захватом Якутии, а именно через входную водную пристань Юрюнг-Хая был разработан и успешно обсужден в Государственной комиссии по запасам в Москве. Дальнейшая транспортировка по Енисею не вызывала протеста у коренных жителей Красноярского края, Эвенкии и Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа. Но этот вариант оказался неподходящим для недропользователя ООО «Восток Инжиниринг» по причинам короткого периода навигации, недостаточной глубины вдоль морского побережья для строительства морского порта и других обстоятельств. Поэтому был выбран вариант транспортировки непосредственно через территорию Якутии с соблюдением всех условий упаковки и перевозки руды, обеспечивающих экологическую безопасность этого варианта вывоза. Извлеченная из недр руда будет на месте упаковываться в надежные герметичные тары и доставляться до горно-химического комбината. По пути руда не будет подвергаться перегрузке из тары – на всех этапах транспортировки она будет в герметичных запломбированных металлических контейнерах. Таково одно из основных требований Министерства охраны природы Республики Якутия. Строгий контроль за соблюдением этих правил и делают этот вариант приемлемым, позволяющим решить проблему без серьезного ущерба природной среде и рисков для здоровья жителей Якутии.



Рис. 3. Естественное криогенное рельефообразование вблизи месторождения. Фото И.Е. Мисайлова, 2016 г.

Транспортирование основной массы томторской руды, содержащей природные радионуклиды, может осуществляться всеми видами транспорта как обычных грузов при условии, что они будут помещаться в контейнеры, исключающие их рассеяние, а мощность дозы гамма-излучения на поверхности тары не превысит 2,5 мкЗв/ч (250мкР/ч).

Современное геотехническое состояние месторождения

Во второй половине XX в. была проведена детальная разведка, результаты которой позволили в 1999 г. утвердить запасы, а в 2005 г. закончить подготовку к промышленной отработке. Позднее месторождение было выставлено на конкурс и в мае 2014 г. совместное предприятие Госкорпорация «Ростех» и группы ИСТ – «Триарк майнинг» выиграло аукцион на право пользования участком Буранный Томторского месторождения для последующих разведки и добычи руд ниобия, редкоземельных металлов, скандия и иных попутных компонентов. С февраля по май 2015 г. ООО «Восток Инжиниринг» в северной части лицензионной площади участка Буранный были проведены геологоразведочные работы с бурением вертикальных скважин глубиной до 100 м. При этом, в отличие от предшествующих работ, когда проходка выполнялась с продувкой с рассеянием рудной пыли на значительные расстояния вокруг площадок скважин, бурение весной 2015 г. на участке было выполнено по более «чистой» технологии с применением раствора на основе

технической воды, исключая выход на земную поверхность, в частности на снежный покров, радиоактивных шламов.



Рис. 4. Нарушенные геосистемы района месторождения. Фото с [электронного ресурса](#). Дата обращения: 22.02.2017.

Серьезное внимание уделяется геоэкологическим условиям месторождения. Несколько последних лет Министерство охраны природы Республики Якутия проводит его обследование в два этапа. Весной (апрель-май) территория изучается в период максимального снегонакопления, а летом основное внимание уделяется состоянию и загрязнению поверхностных геосистем. Экологический мониторинг месторождения был начат в 2014 г. при участии общественности и научных учреждений республики, а по результатам исследований 2015 г. установлено, что все контролируемые показатели качества атмосферного воздуха находятся на уровне значительно ниже установленных нормативов. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения не превышала 0,2 мкЗв/ч при среднем для территории республики 0,11 мкЗв/ч.

Вода местных водотоков района месторождения: Уджа, Борго-Токур, Онгучах, Поманисточка в целом соответствует нормативам для водных объектов рыбохозяйственного назначения, хотя нормы по содержанию ряда металлов, в т.ч. марганца, железа, меди несколько превышены. В воде руч. Поманисточка, протекающего по северной части участка, зафиксировано превышение нормативов по содержанию алюминия и свинца. В то же время содержание наиболее токсичных металлов (мышьяк, ртуть, сурьма, висмут, бериллий, уран, торий и др.) зафиксировано ниже пределов обнаружения [9]. В почвенном покрове и донных отложениях водных объектов центральной части участка Буранный были зафиксированы значимые концентрации лантаноидов (лантана, церия), актиноидов (урана, тория), свинца, кобальта, цинка, превышающие кларковые значения от 1,2 до 1,9 раз, что объясняется геохимической особенностью пород месторождения. В целом по результатам химического анализа проб почвы и донных отложений высокого уровня накоплений химических элементов не выявлено. В рамках экологического обследования Томторского месторождения также произведен облет и отбор проб компонентов природной среды. В последнее время проводятся лабораторные исследования проб природных сред, в том числе обобщены показатели радиационного контроля. Часть проб направлена в аналитический центр Института микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (Московская обл., г. Черноголовка) для определения редкоземельных элементов. Проведены измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения.

По инициативе жителей села Жилинда ООО «Восток Инжиниринг» будет проводить комплексный медицинский осмотр каждого жителя села. Первый медосмотр был проведен в 2015 г. [1].

В любом случае это должен быть экологичный вариант, что особенно важно для легко ранимых северных экосистем. На первом этапе необходимо также опробовать принципиальную возможность предварительной подготовки руды на основе рентгенорадиометрической сортировки для существенного улучшения ее качества и снижения объемов транспортировки до самого северного причала Юрюнг-Хая в устье р. Анабар и далее водным транспортом до Красноярска.

Заключение

Томтор – уникальное месторождение редких элементов на севере Сибири. Получение новой достоверной информации об инженерно-геокриологических условиях месторождения позволит ускорить процесс освоения и уменьшить его негативные последствия.

Что касается экологических рисков, то они, при соблюдении упомянутых правил государственного экологического контроля, могут быть сведены к минимуму. Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), начиная с 2014 г., ежегодно проводит на месторождении плановые мониторинговые исследования. По их результатам значимого влияния на радиационную обстановку проведенными геологоразведочными буровыми работами в районе исследований не выявлено. Редкоземельные руды, содержащие в своем составе торий и уран, перекрыты 20–30 метровой толщей нерадиоактивных пород, которые экранируют гамма-излучение [1].

Список литературы

1. В Якутии в 2020 году заработает новое горнодобывающее предприятие // Электронный ресурс. Источник: news.ykt.ru/, Код доступа: <http://news.ykt.ru/article/55383>, дата обращения: 5 апреля 2017.
2. *Геокриология СССР. Средняя Сибирь* / Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: «Недра», 1989 - 414 с.
3. *Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2 500 000* / Под ред. П.И. Мельникова. – М.: ГУГК, 1991. – 2 л.
4. *Радиационная ситуация на участке «Буранный» Томторского месторождения* — под пристальным вниманием якутских экологов. // Электронный ресурс. Источник: [ЯСИА](http://ysia.ru/). Код доступа: <http://ysia.ru/glavnoe/radiatsionnaya-situatsiya-na-uchastke-burannyj-tomtorskogo-mestorozhdeniya-pod-pristalnym-vnimaniem-yakutskih-ekologov/>, дата обращения: 17.02.2016.
5. *Россман Г.И., Бахур А.Е., Петрова Н.В.* Прогнозная оценка радиационных последствий освоения редкометалльного месторождения Томтор. // *Разведка и охрана недр*. 2015, №3. С.61-66.
6. *Толстов, А.В.* Перспективы освоения Томторского месторождения комплексных ниобий-редкоземельных руд / А.В. Толстов, Н.П. Похиленко // *ЭКО*. – 2012. - № 11. - С. 17-27.
7. *Толстов, А.В.* Проблемы геолого-экономической оценки Томторского месторождения / А.В. Толстов // *Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в XXI в.: Матер. междунар. симпозиума*. – М., Изд-во «Геоинформмарк», 1998. – С. 135-137.

-
8. *Томтор* (месторождение). Источник: wikipedia.org. Код доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%82%D0%BE%D1%80_\(%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5))
9. *Томторское* месторождение: мнения общественности и экспертов. // Электронный ресурс. Источник: Пресс-служба Минприроды РС(Я). Код доступа: <http://sakhalife.ru/tomtorskoe-mestorozhdenie-mneniya-obshhestvennosti-i-ekspertov/>, дата обращения: 1 марта 2017.
10. *Экологи* проверяют Томторское месторождение. Серьезное внимание уделяется геоэкологическим условиям месторождения. Электронный ресурс. Источник: News.Ykt.Ru, Код доступа: <http://news.ykt.ru/article/46694>, дата обращения: 29 августа 2016.